

Структурные и фазовые превращения в нанокристаллическом кобальте, полученном интенсивной пластической деформацией

Габдрахманова Лилия Айратовна

Габдрахманов Артур Айратович

Башкирский государственный университет

Альмухаметов Рафаил Фазыльевич, д.ф.-м.н.

la-gabdrahmanova@mail.ru

Нанокристаллические материалы представляют большой научный и практический интерес из-за их необычных физических свойств [1]. Несмотря на многочисленные исследования, природа процессов, протекающих в нанокристаллических материалах, изучена недостаточно. В данной работе проведены рентгеновские, электронно-микроскопические исследования, а также исследования твердости нанокристаллического кобальта. Образцы получены методом интенсивной пластической деформации на наковальнях Бриджмена под давлением 7 ГПа при комнатной температуре поворотом бойка на 5 оборотов.

Рентгеновским методом и методом электронной микроскопии исследованы размеры кристаллитов и величины микродеформаций в зависимости от температуры отжига. Установлено, что отжиг при температурах от комнатной до 350-450 °С приводит к незначительному росту размеров кристаллитов (от 25 нм до 50 нм). Микродеформации в этом интервале уменьшаются значительно от $3 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-4}$. Отжиг при температурах выше 450 °С сопровождается скачкообразным ростом размеров кристаллитов и незначительным изменением микродеформаций. На основании рентгеновских, электронно-микроскопических исследований и исследований твердости сделано заключение о том, что отжиг при температурах до ~450 °С сопровождается возвратом, а выше этой температуры – рекристаллизацией. Установлено, что пластическая деформация приводит к задержке перехода высокотемпературной ГЦК фазы кобальта в низкотемпературную ГПУ фазу при его охлаждении ниже температуры фазового перехода. Показано, что задержка фазового перехода связано с уменьшением размеров кристаллитов при пластической деформации ниже критического размера зародыша новой фазы [2].

Установлено, что ширина рентгеновских линий (W) в зависимости от температуры отжига описывается функцией Аррениуса. На зависимостях $\ln W = f(1/T)$ наблюдаются два прямолинейных участка, соответствующие возврату и рекристаллизации. При температуре $T \sim 300$ °С на графиках $\ln W = f(1/T)$ происходит скачкообразное изменение угла наклона, связанное с началом рекристаллизации. Предложено теоретическое объяснение наблюдаемых экспериментальных зависимостей $\ln W = f(1/T)$. На основе рентгеновских данных нами были определены значения энергии активации наблюдаемых процессов. В области возврата наши данные значительно меньше, чем энергия активации зернограницной диффузии в металлах. В литературе также имеются заниженные значения энергии активации диффузии, полученные разными методами для нанокристаллических материалов. Мы полагаем, что возможной причиной этого является высокая дефектность образцов, полученных методом интенсивной пластической деформации. Наши данные близки с энергией активации поверхностной диффузии кобальта, найденной для тонких пленок $Q=0.14$ эВ [3]. Для области рекристаллизации наши данные значительно меньше энергии активации самодиффузии в крупнокристаллических металлах и кобальте (2.69 эВ) [4]. Причиной этого также является высокая концентрация дефектов в образце.

Список публикаций:

[1] Валиев Р.З., Александров И.В. - М.: Логос, 272 с. (2000.).

[2] Альмухаметов Р.Ф., Габдрахманова Л.А., Шарипов И.З., Абзгильдин Я.А. // ФТТ. 2014. Т. 56. № 2. С. 224-229.

[3] Prasad J.J.B., Reddy K.V. // Bull. Mater. Sci. 1985. V. 7. P. 15-20.

[4] Бокштейн С.З. Диффузия и структура металлов. - М.: Металлургия, 208 с. (1973).